

Manfaat Companding pada PAPR Sistem OFDM

Arik Kriswanto¹, Budi Setiyanto², Samiadji Herdjunanto²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, FT UGM

²Dosen Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, FT UGM

Abstrak

Penjamakan pembagi frekuensi orthogonal (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) merupakan teknik modulasi yang banyak digunakan pada teknologi telekomunikasi saat ini dan yang akan datang. OFDM memiliki kelemahan yaitu PAPR yang tinggi. Jadi, diperlukan suatu teknik untuk mengurangi nilai PAPR tersebut. Salah satu teknik yang digunakan adalah companding. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis manfaat companding pada PAPR, SNR, MSE dan BER. Metode penelitian adalah membuat simulasi menggunakan Matlab 7.

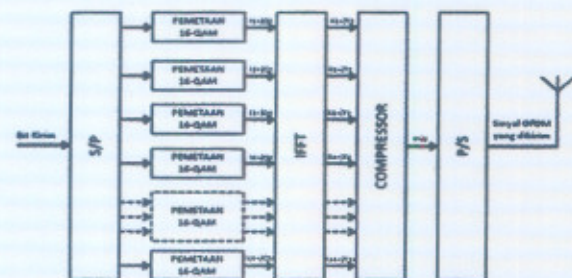
Hasilnya menunjukkan bahwa nilai PAPR tanpa companding lebih tinggi daripada nilai PAPR dengan companding. Namun semakin tinggi nilai companding, semakin tinggi juga nilai BERnya. Hasilnya juga menunjukkan bahwa sistem tanpa companding dan dengan companding ($\mu = 50, 100, 150$ dan 255) menghasilkan PAPR (BER) sebagai berikut 5.1882 dB (0.0938) dan 2.8781 dB (0.0156), 2.4246 dB (0.0313), 2.2310 dB (0.0469), dan 1.9833 dB (0.0625), berurutan.

Kata kunci: OFDM, PAPR, Companding, BER

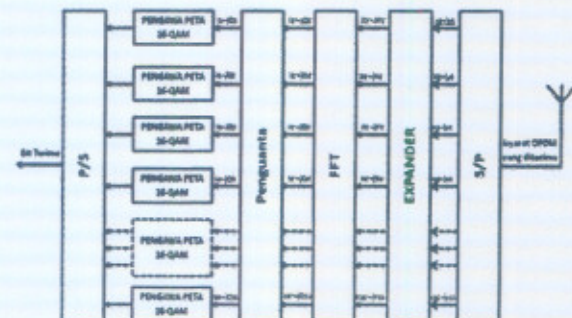
1. Pendahuluan

Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) merupakan teknik modulasi yang banyak digunakan pada teknologi telekomunikasi saat ini karena mempunyai beberapa kelebihan. OFDM memungkinkan pengiriman informasi dengan pesat bit yang sangat tinggi dan error yang sangat rendah serta menggunakan lebar pita secara efisien. Pada OFDM digunakan beberapa frekuensi sub-kanal yang saling ortogonal sehingga memungkinkan rentang frekuensi antar sub-kanal dapat saling tindih (*overlap*) tanpa menimbulkan interferensi satu sama lain [1].

Namun, OFDM memiliki kelemahan yaitu menghasilkan nisbah daya puncak terhadap daya rata-rata (*Peak to Average Power Ratio*, PAPR) yang tinggi sehingga memerlukan daya yang besar untuk mengirimkan isyaratnya. Oleh karena itu, dibutuhkan teknik untuk mengurangi nilai PAPR tersebut. Teknik yang digunakan adalah companding dengan metode μ law companding karena metode ini sering digunakan. Untuk itu perlu analisis faktor nilai PAPR sesudah menggunakan teknik tersebut.



Gbr. 1 - Konfigurasi sistem pengirim OFDM



Gbr. 2 - Konfigurasi sistem penerima OFDM

Dalam penelitian ini dibuat simulasi untuk mengetahui pengaruh companding (μ law companding) terhadap nilai PAPR, SNR, MSE dan BER.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap yaitu tahap perancangan, tahap pembuatan

simulasi, tahap pengujian simulasi, tahap pengambilan informasi, dan tahap analisis informasi percobaan.

Penelitian dimulai dengan perancangan di atas kertas. Penentuan metode *companding* yang digunakan (μ law *companding*) dan nilai μ yang digunakan (50, 100, 150, 255), algoritma PAPR, SNR, MSE dan BER. Kepastian penggunaan algoritma ini diuji dengan perangkat lunak Matlab untuk kemudian diimplementasikan dalam simulasi. Dalam perancangan simulasi, hasil simulasi dibandingkan dengan teori. Setelah perancangan telah sempurna, proses pembuatan simulasi dilakukan. Proses berikutnya adalah mengambil informasi dan menganalisis informasi percobaan.

2.1 Informasi Masukan

Dalam simulasi ini, informasi masukan berupa bit-bit biner yang acak, yang sudah dibangkitkan dalam bentuk simbol pada pemetaan 16-QAM.

2.2 Pemetaan Orde-QAM

Pemetaan 16-QAM dilakukan untuk menghasilkan bentuk kompleks (S_k) dalam kawasan frekuensi dengan nomor k adalah subkanal. Dengan modulasi 16-QAM, maka jumlah informasi yang dikirimkan oleh setiap subkanal adalah empat bit.

2.3 IDFT

Masukan IDFT/IFFT merupakan simbol-simbol keluaran proses pemetaan Orde-QAM yang berbentuk kompleks, terdiri atas bilangan real dan imajiner. Pada IFFT, sinyal-sinyal kompleks () diproses sehingga menghasilkan sinyal kompleks yang disebut simbol OFDM yakni

$$S_{(t)} = \frac{1}{N} \left[\sum_{k=0}^{N-1} s_k e^{j \frac{2\pi k n}{N}} \right] \quad (1)$$

N merupakan jumlah titik IFFT yang digunakan.

2.4 Companding

2.4.1 μ law companding

Metode ini digunakan di Amerika Serikat dan Jepang. μ law *compression* didefinisikan pada persamaan dibawah ini : [2]

$$y = \begin{cases} \frac{V \ln(1 + \mu |x|/V)}{\ln(1 + \mu)} \operatorname{sgn}(x) & \text{untuk } |x| > \\ \frac{\ln(1 + \mu |x|)}{\ln(1 + \mu)} \operatorname{sgn}(x) & \text{untuk } 0 < |x| < \end{cases} \quad (2)$$

dengan, μ = parameter pemampatan ($\mu=255$ di Amerika Serikat dan Jepang), x = sinyal masukan, V = nilai maksimal dari sinyal x ;

Nilai maksimal (V) masukan y sama dengan nilai maksimal (V) pada masukan x , sedangkan untuk persamaan μ law *expansion*nya adalah

$$x = \frac{V}{\mu} (e^{(|y| \ln(1 + \mu)/V)} - 1) \operatorname{sgn} \quad (3)$$

2.5 Nisbah Daya Puncak terhadap Daya Rata-rata

(Peak Average to Power Ratio, PAPR) merupakan nisbah daya puncak dengan daya rata-rata isyarat. Nilai PAPR dari pemetaan QAM memiliki daya yang sama tetapi setelah dilakukan IFFT, daya isyarat akan bervariasi, sehingga PAPR akan semakin besar. Variasi daya (*Dynamic Range*) tersebut disebabkan oleh modulasi masing-masing sub-kanal, dengan frekuensi yang berbeda, sehingga apabila beberapa sub-kanal mempunyai fase yang koheren akan muncul amplitudo dengan level yang jauh lebih besar dari daya rata-rata aslinya.

PAPR tidak lain adalah

$$\text{PAPR} = \frac{\max_{0 \leq t \leq T_s} |S(t)|^2}{\frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} |S(t)|^2 dt} \quad (4)$$

PAPR mempunyai nilai yang acak tergantung dari kombinasi fase simbol pemetaan, dengan maksimum PAPR sebesar N .

2.6 Nisbah Daya Isyarat Masukan terhadap Daya Derau

(Signal to noise ratio, SNR) merupakan perbandingan daya sinyal masukan dengan daya derau dan dapat dihitung dengan

$$\text{SNR} = 10 \log_{10} (P_{\text{signal input}} / P_{\text{no}}) \quad (5)$$

2.6 Rerata Kuadrat Galat

Simbol yang diterima tidaklah sama persis dengan simbol yang dikirim. Hal ini dikarenakan adanya galat pada saat melakukan komputasi. Salah satu penyebab adanya *error* adalah pengaruh lintasan jamak dan derau. Salah satu parameter yang digunakan untuk menyatakan besarnya galat itu adalah rerata kuadrat galat (*Mean Square Error, MSE*)[3].

Prinsipnya sama dengan perhitungan BER, yaitu diusahakan nilai rerata galat kuadrat adalah sekecil mungkin. Nilai rerata galat kuadrat yang ideal adalah 0, sehingga diharapkan nilai MSE mendekati 0. Persamaan untuk menghitung nilai rerata galat kuadrat adalah

$$MSE_normalisasi = \frac{\sum (|C| - |B|)(|C| - |B|)}{|B||B|^T} \quad (6)$$

dengan, MSE = Mean Square Error,
C = Simbol terima, B = Simbol kirim

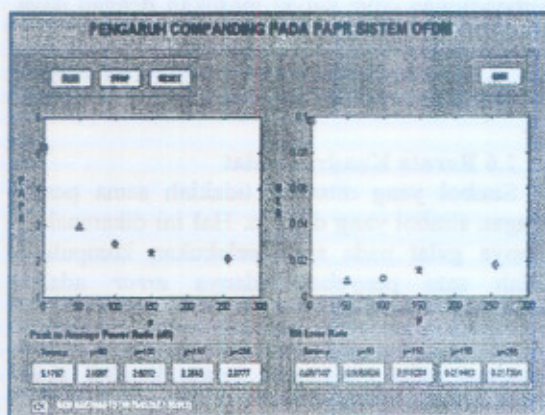
2.7 Pesat Galat Bit

(Bit error rate, BER) merupakan perbandingan jumlah bit yang salah dengan jumlah bit yang dikirim dan dapat dihitung dengan

$$BER = \frac{\text{jumlah galat bit yang diter}}{\text{jumlah bit yang dikirim}} \quad (7)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil simulasi dari pengaruh *companding* terhadap nilai PAPR, SNR, MSE dan BER yang dibuat menggunakan perangkat lunak Gui Matlab 7, dari hasil simulasi menunjukan bahwa nilai PAPR tanpa *companding* lebih besar daripada nilai PAPR dengan *companding*, nilai SNR tanpa *companding* lebih kecil daripada nilai SNR dengan *companding*, nilai MSE tanpa *companding* lebih besar daripada nilai MSE dengan *companding*, nilai BER tanpa *companding* lebih besar daripada nilai BER dengan *companding*. Hal ini karena proses *companding* adalah proses gabungan dimana pemampatan volume sebelum transmisi dikombinasikan dengan pemekaran volume dan proses *companding* digunakan untuk mengatasi memburuknya SNR serta tidak menimbulkan kerusakan apapun pada isyarat yang diperoleh kembali tetapi benar-benar mengurangi tingkat kebisingan kuantisasi selama selang-selang waktu tingkat sinyal-rendah [4].



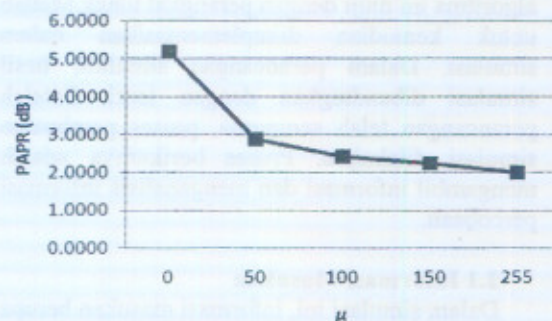
Gbr. 3 - Hasil Simulasi pada Tampilan GUI

3.1 Pengaruh μ terhadap PAPR

Hasil percobaan simulasi dilakukan analisis pengaruh μ terhadap nilai PAPR.

Tabel 1 - Hasil Simulasi pengaruh μ terhadap PAPR

Hasil Simulasi	Tanpa <i>companding</i>	Dengan <i>companding</i> (μ)			
		50	100	150	255
PAPR (dB)	5.1882	2.8718	2.4246	2.2310	1.9833



Gbr. 4 - Pengaruh μ terhadap nilai PAPR

Pengujian dilakukan dengan membangkitkan acak simbol pada sistem OFDM kemudian dikompres di *compander* dan dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai PAPR

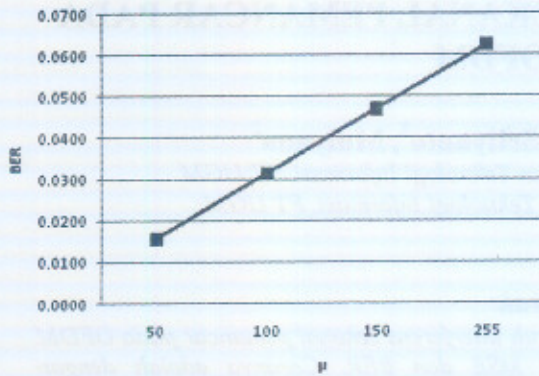
Dari Tabel 1 dan Gbr. 4 dapat dilihat bahwa nilai PAPR tanpa *companding* lebih besar daripada nilai PAPR dengan *companding* dan semakin besar nilai μ yang digunakan maka nilai PAPR akan semakin menurun.

3.2 Pengaruh μ terhadap SNR, MSE dan BER

Tabel 2 - Hasil Simulasi μ terhadap SNR, MSE dan BER

Hasil Simulasi	Tanpa <i>companding</i>	Dengan <i>companding</i> (μ)			
		50	100	150	255
SNR (dB)	11.5457	24.0675	23.9346	23.1706	23.1443
MSE	0.0768	0.0044	0.0105	0.0227	0.0383
BER	0.0938	0.0156	0.0313	0.0469	0.0625

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai μ yang digunakan maka nilai SNR akan semakin kecil, semakin besar nilai μ yang digunakan maka nilai MSE akan semakin naik, semakin besar nilai μ yang digunakan maka nilai BER akan semakin naik.



Gbr. 5 - Pengaruh μ terhadap BER

Dari Gbr. 5 dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai μ yang digunakan maka semakin besar nilai BER. Hal ini disebabkan karena semakin banyak data yang dikompres oleh *companding* maka BER akan semakin naik.

4. Kesimpulan

1. Penambahan nilai μ dapat mempengaruhi nilai PAPR, SNR, MSE dan BER pada sistem OFDM.
2. Dari hasil simulasi diperoleh nilai PAPR tanpa *companding* sebesar 5.1882 dB dan PAPR dengan *companding* (PAPR dengan $\mu = 50$ sebesar 2.8718 dB, PAPR dengan $\mu = 100$ sebesar 2.4246 dB, PAPR dengan $\mu = 150$ sebesar 2.2310 dB, PAPR dengan $\mu = 255$ sebesar 1.9833 dB). Nilai PAPR tanpa *companding* lebih besar daripada PAPR dengan *companding*. Semakin besar nilai μ *companding* yang digunakan maka semakin kecil nilai PAPR yang dihasilkan.
3. Dari hasil simulasi diperoleh nilai SNR tanpa *companding* sebesar 11.5457 dB dan SNR dengan *companding* (SNR dengan $\mu = 50$ sebesar 24.0675 dB, SNR dengan $\mu = 100$ sebesar 23.9346 dB, SNR dengan $\mu = 150$ sebesar 23.1706 dB, SNR dengan $\mu = 255$ sebesar 23.1443 dB). Nilai SNR tanpa *companding* lebih kecil daripada SNR dengan *companding*. Semakin besar nilai μ *companding* yang digunakan maka semakin kecil nilai SNR yang dihasilkan.
4. Dari hasil simulasi diperoleh nilai MSE tanpa *companding* sebesar 0.0768 dan MSE dengan *companding* (MSE dengan $\mu = 50$ sebesar 0.0044, MSE dengan $\mu = 100$ sebesar 0.0105, MSE dengan $\mu = 150$ sebesar 0.0227, MSE dengan $\mu = 255$ sebesar 0.0383). Nilai MSE tanpa *companding* lebih besar daripada MSE dengan *companding*. Semakin besar nilai

μ *companding* yang digunakan maka semakin besar nilai MSE yang dihasilkan.

5. Dari hasil simulasi diperoleh nilai BER tanpa *companding* sebesar 0.0938 dan BER dengan *companding* (BER dengan $\mu = 50$ sebesar 0.0156, BER dengan $\mu = 100$ sebesar 0.0303, BER dengan $\mu = 150$ sebesar 0.0469, BER dengan $\mu = 255$ sebesar 0.0625). Nilai BER tanpa *companding* lebih besar daripada BER dengan *companding*. Semakin besar nilai μ *companding* yang digunakan maka semakin besar nilai BER yang dihasilkan.

5. Referensi

- [1] Nasir, M. M., 2010, *Pengaruh Jumlah Subkanal terhadap PAPR dan Efisiensi Penguat Daya pada Pengirim OFDM 16 QAM*, Skripsi, Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [2] Proakis, J. G. and M. Salehi, 1994, *Communication Systems Engineering*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- [3] Anwar, Adnan, 2010, *Pengaruh Kerapatan Pilot OFDM Terhadap Kecermatan Estimasi Kanal Menggunakan Algoritma Wiener-Hopf*, Skripsi, Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [4] Anonim, 2009, *Companding*, <http://pose-anong.blogspot.com/2009/12/companding.html>, diakses tanggal 7 April 2010.